

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-320457

(43)Date of publication of application : 22.11.1994

(51)Int.Cl. B25J 9/16  
B25J 19/06  
G05B 9/02  
G05B 19/19

(21)Application number : 05-111265

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 13.05.1993

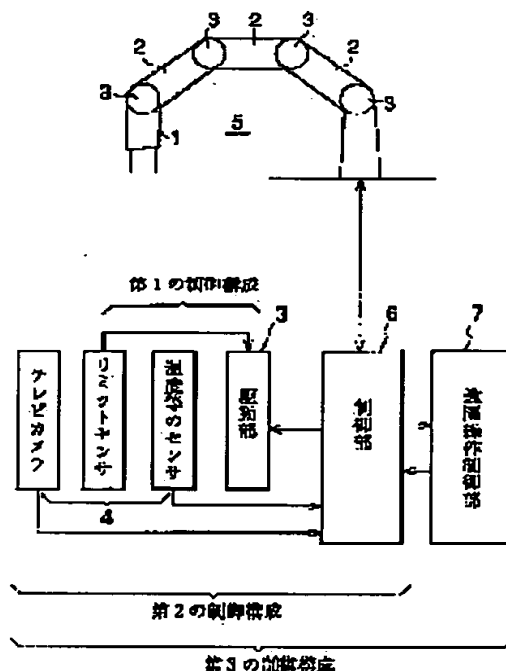
(72)Inventor : TAJIMA MASAMI

## (54) INTELLIGENT ROBOT SYSTEM

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To perform reliable prevention of the occurrence of a risk by providing a control mechanism to perform direct avoidance of a risk by means of mechanical state change information of a robot detected by means of a plurality of given sensors, a control mechanism to perform avoidance of a risk when it is decided from information that a risk occurs, and a control mechanism to control a drive part through a control part through decision of the occurrence of a risk by means of a remote operation control part.

**CONSTITUTION:** A robot 5 comprising a hand 1; an arm 2; a drive part 3; and a various sensors 4 consisting of a television camera, a limit sensor, and a temperature sensor is controlled by a remote operation control part 7 through a control part 6. The mechanical state change of the robot 5 is detected by means of a limit sensor. When a detected state is a risky state, direct risk avoidance control of the drive part 3 is performed by a first control mechanism. When it is decided by the control part 6 based on information from the television camera that a risky state is produced, the drive part 3 is controlled by a second control mechanism. When it is decided by the remote operation control part 7 from information from various sensors 4 that a risky state is produced, a command is outputted to the control part 6 from a third control mechanism to perform control.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-320457

(43)公開日 平成6年(1994)11月22日

(51)IntCl <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	FI	技術表示箇所
B 2 5 J	9/16			
	19/06			
G 0 5 B	9/02	A 7618-3H		
	19/19	V 9064-3H		

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 13 頁)

(21)出願番号 特願平5-111265

(22)出願日 平成5年(1993)5月13日

(71)出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

(72)発明者 但馬 正實

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(74)代理人 弁理士 柏谷 昭司 (外1名)

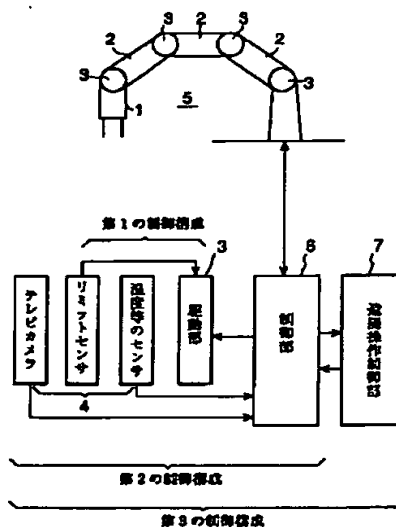
(54)【発明の名称】 知能ロボットシステム

(57)【要約】

【目的】 自律的に制御機能を有する知能ロボットシステムに関し、遠隔制御に於ける危険回避を確実に行わせる。

【構成】 ハンド1とアーム2とモータ等の駆動部3と各種のセンサ4とを有するロボット5と、指令情報に従ってロボット5を制御する制御部6と、遠隔操作制御部7とを備え、リミットセンサによりロボット5の機械的状態変化が危険状態を検出し、駆動部3を直接的に制御して危険回避を行う第1の制御構成と、テレビカメラや温度等のセンサの検出情報を基に制御部6に於いてロボット5が危険状態となったことを判断した時に、駆動部3を制御して危険回避を行う第2の制御構成と、制御部6を介して各種センサの検出情報を受信した遠隔操作制御部7に於いてロボット5が危険状態となったことを判断した時に、危険回避の指令情報を制御部6に送出する第3の制御構成とを設けた。

本発明の原理説明図



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 物品を把持する為のハンド（1）と、該ハンド（1）を支持するアーム（2）と、前記ハンド（1）及び前記アーム（2）を機械的に駆動する駆動部（3）と、各部の状態を検出するテレビカメラを含む複数種類のセンサ（4）とを有するロボット（5）と、指令情報によるプログラムと前記センサ（4）の検出情報とを用いて前記ロボット（5）を制御する制御部（6）と、

該制御部（6）を介して前記センサ（4）の検出情報を受信し、且つ前記制御部（6）に前記指令情報を送出する遠隔操作制御部（7）とを備えた知能ロボットシステムに於いて、

前記ロボット（5）の機械的状態変化が危険状態を示す時の前記センサ（4）の検出情報により、前記駆動部（3）を直接的に制御して危険回避を行う第1の制御構成と、

前記センサ（4）の検出情報の処理判断により前記ロボット（5）が危険状態か否かを判断し、危険状態と判断した時に前記駆動部（3）を制御して危険回避を行う第2の制御構成と、

前記センサ（4）の検出情報を前記制御部（6）を介して受信した前記遠隔操作制御部（7）に於いて、前記検出情報を基に前記ロボット（5）が危険状態か否かを判断し、危険状態と判断した時に前記駆動部（3）を制御して危険回避を行わせる指令情報を送出する第3の制御構成とを設けたことを特徴とする知能ロボットシステム。

【請求項2】 前記センサ（4）の中のリミットセンサにより前記ロボット（5）の機械的状態変化が危険状態であることを検出した時に、前記駆動部（3）を直接的に停止或いは逆方向に移動させる危険回避制御を行う第1の制御構成と、前記センサ（4）の中の位置センサ、温度センサ、圧力センサ、音響センサ、振動センサ等の各種センサの検出情報を処理して危険状態を示すものであるか否かを判断し、危険状態を示すものと判断した時に、前記駆動部（3）を停止或いは逆方向に移動させる危険回避制御を行う第2の制御構成と、前記センサ（4）の検出情報を受信した前記遠隔操作制御部（7）に於いて、前記センサ（4）の中のテレビカメラからの画像情報及び他の各種のセンサの検出情報を基に、又は前記ロボット（5）の動作予測シミュレーションにより前記ロボット（5）が危険状態か否かを判断し、危険状態と判断した時に、危険回避の為の指令情報を送出する第3の制御構成とを備えたことを特徴とする請求項1記載の知能ロボットシステム。

【請求項3】 前記第2及び第3の制御構成は、前記センサ（4）の中の位置センサ、温度センサ、圧力センサ、音響センサ、振動センサ等の各種のセンサの検出情報の周波数分析を行い、該周波数分析により得られた周

2

波数スペクトラム又は該周波数スペクトラムの時間的変化について異常か否かを判定し、異常と判定した時に、前記ロボット（5）の危険回避制御を行う構成を含むことを特徴とする請求項1又2記載の知能ロボットシステム。

【請求項4】 前記第2及び第3の制御構成は、前記センサ（4）の中の位置センサ、温度センサ、圧力センサ、音響センサ、振動センサ等の各種のセンサの検出情報の周波数分析を行い、該周波数分析により得られた周波数スペクトラム又は該周波数スペクトラムの時間的変化について、前記ロボット（5）の作業種別対応の予め求めた標準の周波数スペクトラム又は該周波数スペクトラムの時間的変化のパターンと照合して異常か否かを判定し、異常と判定した時に、前記ロボット（5）の危険回避制御を行う構成を含むことを特徴とする請求項1又は2又は3記載の知能ロボットシステム。

【請求項5】 前記第2及び第3の制御構成は、前記センサ（4）の中の異なる種類のセンサのそれぞれの検出情報の相互の相関値を求め、該相関値が異常な変化を示す時に、前記ロボット（5）が危険状態と判断して、危険回避制御を行う構成を含むことを特徴とする請求項1記載の知能ロボットシステム。

【請求項6】 前記第2の制御構成は、前記センサ（4）の中のテレビカメラからの画像情報の高周波成分が最も大きくなるように前記テレビカメラの自動焦点制御を行い、前記高周波成分のレベル又はスペクトラムによって接近距離を判断し、危険域に移動したと判断した時に、危険回避制御を行う構成を含むことを特徴とする請求項1記載の知能ロボットシステム。

【請求項7】 前記制御部（6）に、前記センサ（4）の中のテレビカメラからの画像情報に他のセンサの検出情報を重畳して、前記制御部（6）から前記遠隔操作制御部（7）に送出する送出部を設け、前記遠隔操作制御部（7）に、前記制御部（6）から受信して前記画像情報と前記他のセンサの検出情報とを分離し、前記画像情報を画像表示部に表示させる受信部を設けたことを特徴とする請求項1記載の知能ロボットシステム。

【請求項8】 前記ロボット（5）の動作に於いて受ける把持力等の圧力を検出するセンサの検出情報を、前記センサ（4）の中のテレビカメラからの画像情報に重畳して前記制御部（6）から前記遠隔操作制御部（7）に伝送し、該遠隔操作制御部（7）の前記ロボット（5）を制御する為の操作レバーに対して前記圧力を検出するセンサの検出情報を基に反発力を与える構成を設けたことを特徴とする請求項1記載の知能ロボットシステム。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、知能ロボットの遠隔制御に於ける危険回避を確実にに行わせる知能ロボットシステムに関する。知能ロボットを有線回線又は無線回線を

介して遠隔制御するシステムに於いては、知能ロボットを制御する為の指令情報の伝送遅延及び知能ロボットの状態情報の伝送遅延の為に、指令情報の送出間隔を短くすることが困難であった。従って、危険回避を行う為の緊急制御を効率良く行うことが要望されている。

【0002】

【従来の技術】作業用のロボットは、物品を把持する為のハンドと、そのハンドを目的位置に移動させる為のアームとを基本構成としている。又複数の関節を介して複数のアームを結合した多関節ロボットは、アームの自由度が大きいから複雑な動作が可能となり、各種の作業に適用されている。

【0003】このようなロボットを制御する為に、ハンドに圧力センサを設けて、物品を把持した時の把持力を検出し、所定の圧力で物品を把持するように、ハンドの駆動部をフィードバック制御するものであり、又アームの各関節に角度センサ或いはハンドに位置センサを設けて、ハンドの移動位置を識別し、指令位置にハンドを移動させるように、アームの駆動部をフィードバック制御するものである。又特定の作業を繰り返し行わせる為のプレイバック制御も知られている。

【0004】又ロボットのハンド等が作業領域外へ移動しようとする場合や、作業を行う物品以外の構造物等に衝突する場合を検出するリミットスイッチや切断用電線等を設け、リミットスイッチの動作又は切断用電線が切断されることにより、危険回避の制御を行う構成も知られている。

【0005】又ロボットを遠隔制御する構成も知られており、ロボットの制御部と遠隔操作制御部との間を有線回線又は無線回線で接続し、ロボットの動作状態を撮像した画像情報を、ロボットの制御部から遠隔操作制御部に伝送し、遠隔操作制御部の表示装置にロボットの動作状態を表示し、オペレータはその動作状態を観察しながら遠隔操作指令情報を入力し、その指令情報を遠隔操作制御部からロボットの制御部に伝送して、ロボットを制御することができる。

【0006】又マスタ・スレーブ方式のロボットの遠隔制御も知られており、マスタロボットの動作と遠隔地のスレーブロボットの動作とが同一となることを前提として、オペレータはマスタロボットの動作状態を見ながら制御操作を行うもので、画像情報による特定範囲のロボットの動作状態よりも、スレーブロボットと同様な動作を行うマスタロボットの全体を観察できるから、遠隔地のスレーブロボットの作業状態を容易に把握することができる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】各種の作業用のロボットに各種の自律的な制御機能を付加して、知能ロボット化を図ることができるが、完全に自律的に動作する構成は経済的にも実現が困難である。従って、オペレータ等

の状況判断による制御が必要となる。このオペレータが知能ロボットから離れている場合、知能ロボット側の制御部と、オペレータ側の遠隔操作制御部との間を有線回線又は無線回線で接続し、各種の情報の伝送を行うことになる。その場合に、知能ロボットの状態を把握して適切な制御を行う為に、伝送情報量が比較的多くなるものである。

【0008】このような知能ロボットの遠隔制御に於いて、各種情報の処理遅延と有線回線又は無線回線による伝送遅延とが大きい場合、例えば、人工衛星上の知能ロボットの遠隔制御に於いて、オペレータの操作により遠隔操作制御部から制御情報を送出した後、或る時間後にロボットのハンドやアームが動作することになり、その動作結果の情報は或る時間後に遠隔操作制御部に伝送されてオペレータに通知される。従って、オペレータがロボットの危険状態をロボットの画像情報等により認識して、その危険回避の制御情報を送出しても、その制御情報がロボットの制御部に到着する時間には、ロボットが危険状態に陥ってしまうことになる。即ち、制御遅れにより危険回避が困難となる。

【0009】そこで、マスタ・スレーブ方式によりマスタロボットを制御すれば、処理遅延や伝送遅延が大きくても、遠隔地のスレーブロボットの動作を予測できるから、危険状態に陥る動作予測から、それを回避する制御が可能となる。しかし、その場合に於いても、誤動作によりスレーブロボットが危険状態となった時は、制御遅れにより危険回避ができない場合が生じる。又オペレータは、遠隔地のロボットが物品を把持した時の圧力の感覚を得ることができないので、きめ細かい遠隔制御ができない問題があった。本発明は、知能ロボットの危険回避を確実に行わせ、且つ遠隔制御を容易に行わせることを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明の知能ロボットシステムは、図1を参照して説明すると、物品を把持する為のハンド1と、このハンド1を支持するアーム2と、ハンド1及びアームを機械的に駆動する駆動部3と、各部の状態を検出するテレビカメラを含む複数種類のセンサ4とを有するロボット5と、指令情報によるプログラムとセンサ4の検出情報とを用いてロボット5を制御する制御部6と、この制御部6を介してセンサ4の検出情報を受信し、且つ制御部6に指令情報を送出する遠隔操作制御部7とを備えた知能ロボットシステムに於いて、ロボット5の機械的状態変化が危険状態を示す時のセンサ4の検出情報により、駆動部3を直接的に制御して危険回避を行う第1の制御構成と、センサ4の検出情報の処理判断によりロボット5が危険状態か否かを判断し、危険状態と判断した時に駆動部3を制御して危険回避を行う第2の制御構成と、センサ4の検出情報を制御部6を介して受信した遠隔操作制御部7に於いて、検出情報

5

を基にロボット5が危険状態か否かを判断し、危険状態と判断した時に駆動部3を制御して危険回避を行わせる指令情報を送出する第3の制御構成とを設けたものである。

【0011】又センサ4の中のリミットセンサによりロボット5の機械的状態変化が危険状態であることを検出した時に、駆動部3を直接的に停止或いは逆方向に移動させる危険回避制御を行う第1の制御構成と、センサ4の中の位置センサ、温度センサ、圧力センサ、音響センサ、振動センサ等の各種センサの検出情報を処理して危険状態を示すものであるか否かを判断し、危険状態を示すものと判断した時に、駆動部3を停止或いは逆方向に移動させる危険回避制御を行う第2の制御構成と、センサ4の検出情報を受信した遠隔操作制御部7に於いて、センサ4の中のテレビカメラからの画像情報及び他の各種のセンサの検出情報を基に、又はロボット5の動作予測シミュレーションによりロボット5が危険状態か否かを判断し、危険状態と判断した時に、危険回避のための指令情報を送出する第3の制御構成とを設けることができる。

【0012】又前記第2及び第3の制御構成は、センサ4の中の位置センサ、温度センサ、圧力センサ、音響センサ、振動センサ等の各種のセンサの検出情報の周波数分析を行い、この周波数分析によって得られた周波数スペクトラム又はこの周波数スペクトラムの時間的変化について異常か否かを判定し、異常と判定した時に、ロボット5の危険回避制御を行う構成を含ませることができる。

【0013】又前記第2及び第3の制御構成は、センサ4の中の位置センサ、温度センサ、圧力センサ、音響センサ、振動センサ等の各種のセンサの検出情報の周波数分析を行い、その周波数分析により得られた周波数スペクトラム又はその周波数スペクトラムの時間的変化について、ロボット5の作業種別対応の予め求めた標準の周波数スペクトラム又はその周波数スペクトラムの時間的変化のパターンと照合して異常か否かを判定し、異常と判定した時に、ロボット5の危険回避制御を行う構成を含ませることができる。

【0014】又第2及び第3の制御構成は、センサ4の中の異なる種類のセンサのそれぞれの検出情報の相互の相関値を求め、その相関値が異常な変化を示す時に、ロボット5が危険状態と判断して、危険回避制御を行う構成を含ませることができる。

【0015】又第2の制御構成は、センサ4の中のテレビカメラからの画像情報の高周波成分が最も大きくなるようにテレビカメラの自動焦点制御を行い、その高周波成分のレベル又はスペクトラムによって接近距離を判断し、危険域に移動したと判断した時に、危険回避制御を行う構成を含ませることができる。

【0016】又制御部6に、センサ4の中のテレビカメ

6

ラからの画像情報に他のセンサの検出情報を重畳して、制御部6から遠隔操作制御部7に送出する送出部を設け、遠隔操作制御部7に、制御部6から受信して画像情報と他のセンサの検出情報とを分離し、画像情報を画像表示部に表示させる受信部を設けることができる。

【0017】又ロボットの動作に於いて受ける把持力等の圧力を検出するセンサの検出情報を、センサ4の中のテレビカメラからの画像情報に重畳して制御部6から遠隔操作制御部7に伝送し、遠隔操作制御部7のロボット5を制御する為の操作レバーに対して、前記圧力を検出するセンサの検出情報を基に反発力を与える構成を設けることができる。

【0018】

【作用】遠隔操作制御部7からロボット5の指令情報を有線回線又は無線回線を介して制御部6に伝送し、制御部6はその指令情報によるプログラムを用いてロボット5のハンド1やアーム2の駆動部3を制御し、各種センサ4の検出情報を用いて所定の動作を行わせる。又ロボット5の危険回避の為に、応答速度が早いものから順に、第1、第2、第3の制御構成を設ける。第1の制御構成は、ロボット5の近傍に設け、ロボット5のハンド1やアームが他の構造物等に衝突して破損するような危険区域に移動したような機械的状態変化の検出情報が得られた時、緊急を要するものであるから、駆動部3の電源遮断等の直接的な制御により危険回避を行う。又第2の制御構成は、主として制御部6に設け、例えば、温度センサの検出情報と許容値とを比較して、温度が許容値を超えた場合に危険状態と判断し、駆動部3の停止等の制御を行う。又第3の制御構成は、遠隔操作制御部7に設け、テレビカメラを含むセンサ4の検出情報を受信し、テレビカメラからの画像情報を表示部に表示させて、ロボット5が危険状態か否かを判断し、又は音響センサ等からの検出情報を基に異常スペクトラム発生状態か否かを判断し、危険状態と判断した時に、駆動部3を停止させるような指令情報を送出する。この第3の制御構成による危険回避は、伝送遅延等による影響が比較的小さい制御状態の場合に相当する。

【0019】又第1の制御構成は、センサ4の中のマイクロスวิตチ、近接スイッチ、切断用電線等のリミットセンサの検出情報が得られると、ロボット5が危険状態となった時であるから、駆動部3の電源遮断等により危険回避を行う。又第2の制御構成は、例えば、位置センサの検出情報が危険区域に入ったことを示す場合、圧力センサの検出情報が所定圧力以上を示す場合、音響センサの検出情報が異常スペクトラムを示す場合、振動センサの検出情報が異常振動を示す場合等に於いて、ロボット5が危険状態であると判断し、駆動部3を停止させるか又は逆方向に移動させて危険回避を行う。又第3の制御構成は、受信した画像情報や各種の検出情報を基に、ロボット5が危険状態か否かを判断し、又ロボット5の

動作予測シミュレーションによって危険状態となるか否かを判断し、危険状態と判断すると、危険回避の指令情報を送出する。

【0020】又センサ4の検出情報の周波数スペクトラム又はその時間的变化は、センサ4の種類によっても相違するが、予め標準的なもの或いはそれらセンサ間の相関について標準的なものを求めておくことにより、異常か否かを判断することができる。例えば、特定周波数成分のレベルが極端に大きくなった場合等は異常と判断することができる。このように異常と判断した場合は、前述のように、危険回避の制御を行うものである。

【0021】又正常時に於けるロボット5の各種の作業種別について、各種のセンサ4の検出情報の周波数スペクトラム又はその時間的变化を求め、それを標準とし、実際にロボット5が作業を行う場合に、各種のセンサの検出情報の周波数スペクトラム又はその時間的变化を求めて、作業種別対応の標準と比較することにより、異常か否かを容易に判断することができる。そして、異常と判断した時は、ロボット5の危険回避制御を行うことになる。

【0022】又センサ4の中の異なる種類のセンサの検出情報の相関値は、例えば、音響センサの検出情報は、ロボット5から空間に放出された音波等を検出したものであり、又振動センサの検出情報は、ロボット5の機構部分を伝播した振動を検出したものであるから、比較的相関が高いものである。従って、この場合の相関値を用いることにより、音響センサ又は振動センサの何れか一方の検出情報のみを用いて異常か否かを判断するよりも精度が高くなる。更に圧力センサの検出情報を含めて相互の相関値を求めて異常か否かを判断することもできる。

【0023】又テレビカメラからの画像情報のエッジ抽出、微分処理、輪郭強調等の処理や高域強調フィルタを用いた高周波成分が最も大きくなるようにした自動焦点制御を行うことができる。その場合、焦点合わせ被写体が近い程、再生画像は鮮明となる。即ち、高周波成分が大きくなる。従って、高周波成分のレベル又はスペクトラムによってテレビカメラを設けたハンドと被写体との接近距離を判断することができる。そして、ハンドが衝突するような危険域に移動したことを判断した時に、前述の場合と同様に危険回避制御を行うことができる。

【0024】又制御部6から遠隔操作制御部7に伝送する情報量は非常に多くなるものであり、そこで、画像情報に他の各種のセンサの検出情報を重畳して伝送するものである。その場合、例えば、テレビスキャンにより得られた画像情報の時は、その帰線期間に他の各種のセンサの検出情報を重畳することができる。有効水平走査線の一部に重畳することもできる。遠隔操作制御部7は、画像情報と各種センサの検出情報とを分離し、画像情報は表示部に加えることにより、ロボット5の状態を

表示することができる。又各種のセンサの検出情報を処理して、異常状態か否かを判断することができる。

【0025】又ロボット5を遠隔操作する遠隔操作制御部7の操作レバーに、ロボット5の動きによって生じる反力を検出した検出情報を基に反発力を与える。例えば、ハンド1により物品を把持した時の把持力に対応する反発力を操作レバーに与えることにより、遠隔地のロボット5のハンド1の把持力を実感として認識することができる。

【0026】

【実施例】図2は本発明の実施例の説明図であり、11はロボット、20は制御部、30は遠隔操作制御部を示す。又12はアーム、13はハンド、14は指、15はモータ、16はテレビカメラ、17はリミットセンサ、18は作業対象物、19は作業台である。又アーム12の関節に相当するモータ15の回転角度を検出する角度センサや温度上昇を検出する温度センサ、ハンド13の位置を検出する位置センサ、指14の内側の把持力を検出する圧力センサと指14の駆動部及び危険区域を定めるリミットセンサに相当する切断用電線等は図示を省略している。

【0027】又21は制御用計算機、22は画像処理装置、23は合成回路、24は分離回路、25は通信装置、26は警報回路である。又27は有線回路又は無線回路、31は通信装置、32は分離回路、33は指令作成部、34は復調回路、35は警報回路、36はマスタロボット制御部、37、38は表示制御部、39は操作卓、40は画像表示装置、41は発光ダイオード(LED)等による点灯表示装置、42はスペクトラム表示装置、43はマスタロボット、JYはジョイスティック等の操作レバーを示す。

【0028】この実施例は、マスタロボット43を遠隔操作制御部30側に設け、ロボット11をスレーブとしたマスタスレーブ方式の場合を示し、ロボット11は、複数のアーム12を有する多関節型の概略構成を示す。各アーム12の関節のモータ15とハンド13の指14の駆動部とが図1の駆動部3に相当し、又ハンド13に取付けたテレビカメラ16やリミットセンサ17及びアーム12に取付けたリミットセンサ17が図1のセンサ4に相当する。なお、テレビカメラ16は自動焦点制御機構を有するもので、ズーム機構や旋回機構等を設けることもできる。又ロボット11全体の状態を観測する為のテレビカメラを設けることもできる。又ロボット11全体をモータ等の駆動部によって移動できる構成とすることもできる。

【0029】ロボット11のセンサの一種としてのテレビカメラからの画像情報VDは、合成回路23と画像処理装置22とに加えられる。この画像処理装置22は、画像信号の輪郭強調、微分処理、二値化処理等を行い、一方、自動焦点機構による画像信号の高周波成分のレベ

ル等によってハンドの近接が異常か否かを判断する為に、制御用計算機21に処理結果を入力する。制御用計算機21は、分離回路24により分離された指令情報を従ったプログラムを用いてロボット11の制御を行い、又画像処理装置22からの画像信号により、被写体までの距離や角度を測定し、指令情報との誤差を検出する。一方、その高周波成分のレベル等によりハンド等の近接が異常と判断した時に、モータ15の停止等の危険回避の制御を行う。又アーム12、ハンド13、指14、モータ15等に取付けた各種のセンサの検出情報SNは、

【0030】遠隔操作制御部30は分離回路32により画像情報VDとそれ以外の検出情報SN及び制御情報CSとに分離し、画像情報VDは表示制御部37により画像表示装置40に加えられて表示される。又制御状態情報CSは復調回路34によりセンサ対応に復調されて点灯表示装置41等に加えられる。又ロボット11の指14の内側の圧力センサ等の検出情報がマスタロボット制御部36に加えられ、操作卓39の操作レバーJY等に反発力が与えられる。それによって、オペレータはロボット11が作業対象物18を把持したような場合の力を感じ取ることができる。又画像表示装置40とスペクトラム表示装置42とはCRT（陰極線管）表示装置とすることができる。又点灯表示装置41は発光ダイオードや小型ランプ等により各部の動作状態や異常状態を表示するものである。

【0031】又復調された各種のセンサ対応の検出情報が警報回路35に加えられて、周波数分析が行われる。その分析結果の周波数スペクトラム又はその時間的変化を基に、ロボット11の異常の有無を判断し、異常状態と判断した時は、表示制御部37を介して画像表示装置40に表示されるロボット11の異常発生箇所或いは文字によって異常発生を表示することができる。又表示制御部38によってスペクトラム表示装置42に周波数スペクトラム又はその時間的変化を表示する。

【0032】又オペレータは、画像表示装置40と点灯表示装置41とスペクトラム表示装置42とを観測し、且つマスタロボット43の動きを観測しながら、操作卓39の操作レバーJY等を操作する。操作卓39からの操作情報によりマスタロボット制御部36はマスタロボット43を制御する。又マスタロボット43と遠隔地のロボット11との環境が同一でないことにより、同一の指令情報によって同一の動作を行わない場合が生じる。このような点を想定して、動作予測シミュレーションを

行う機能を例えばマスタロボット制御部36に設けることができる。そして、そのシミュレーション結果を画像表示装置40に表示させ、又危険状態が予測される時は、指令作成部33を制御して、ロボット11の危険回避のための指令情報を送出させることができる。

【0033】指令作成部33は、マスタロボット制御部36によりマスタロボット43を制御する為の指令情報と同一の指令情報を作成し、オペレータによる大まかな指令に基づいた自動的或いはオペレータによる操作卓39からの手動的制御入力に従って通信装置31から有線回線又は無線回線27を介して制御部20の通信装置25に伝送する。又警報回路35により異常状態発生と判断した時に、その情報により、指令作成部33は、危険回避のためのモータ15を停止させる指令情報を作成し、通信装置31から有線回線又は無線回線27を介して制御部20の通信装置25に伝送する。

【0034】図3は本発明の実施例の危険回避構成の要部説明図であり、51はテレビカメラ、52は自動焦点機構等の機構部、53は距離センサ、54はアームの関節に設けたアームモータ、55は位置センサ、56はリミットセンサ、57は温度センサ、58は音響センサ、59はハンドの指を駆動する為の指モータ、60は位置センサ、61はリミットセンサ、62は圧力センサ、63は温度センサ、64は音響センサ、65～70はスイッチ回路（SW）、71は温度処理部、72は周波数分析部、73は照合判断部、74は標準パターン格納部、75は制御用インタフェース部、76は画像処理部、77は制御用計算機、78は受信指令情報分離部、79は通信装置である。

【0035】テレビカメラ51は、ハンドと作業対象物との相対位置を撮像するもの或いはその他のロボットの動作状態を観測する為に、別に任意数設けられており、機構部52は自動焦点機構、ズーム機構、旋回機構等を含むものである。又距離センサ53はテレビカメラ51が作業対象物等に接近したことを検出する為のものである。又テレビカメラ51を複数設けた場合は、その中の1台のテレビカメラを選択する為の切替回路、或いは複数のテレビカメラからの画像情報をそれぞれ圧縮処理して多重化する構成を設けることになる。又アームモータ54はアーム対応に複数個設けられ、それぞれに各センサやスイッチ回路が配置される。同様に、指モータ59も複数個設けられ、それぞれに各センサやスイッチ回路65～70が設けられている。

【0036】スイッチ回路65とリミットセンサ56又はスイッチ回路68とリミットセンサ61は、ロボットのアーム及びハンドの機械的状態変化が危険状態を示す時、即ち、他の構造物に衝突して破損するような危険状態を検出した時に、スイッチ回路65、68を直接的に制御して、アームモータ54又は指モータ59の電源を遮断して、危険回避を行う第1の制御構成である。この

場合、電源遮断によってアームモータ54又は指モータ59を停止させるものであるが、アームモータ54又は指モータ59を逆方向に回転させてアーム又は指をバックさせることも可能である。

【0037】又温度センサ57とスイッチ回路66又は温度センサ63とスイッチ回路69と温度処理部71は、温度処理部71に於いて温度が許容値を超えたか否かを判断し、許容値を超えた時に危険状態と判断して、スイッチ回路66、69によってアームモータ54又は指モータ59の電源を遮断し、危険回避を行う第2の制御構成である。又音響センサ58とスイッチ回路67又は音響センサ64とスイッチ回路70と周波数分析部72は、周波数分析部72に於いて検出情報の周波数分析を行い、その結果の周波数スペクトラム又はその時間的変化が異常であるか否かを判断し、異常であると判断した時に、スイッチ回路67、70を制御してアームモータ54又は指モータ59の電源を遮断し、危険回避を行う第2の制御構成である。

【0038】周波数分析部72は、フーリエ変換機能或いは中心周波数がそれぞれ異なる複数のフィルタを備えたフィルタバンクにより構成することができ、それによって音響センサ58、64の検出情報の周波数分析を行い、その結果の周波数スペクトラム又はその時間的変化と、ロボットの作業種別に対応して予め求めて標準パターン格納部74に格納しておいた標準の周波数スペクトラム又はその時間的変化のパターンとを、照合判断部73に於いて照合し、異常であるか否かを判断し、異常であると判断した時に、危険回避の為にスイッチ回路67、70を制御するものである。

【0039】又音響センサ58、64と同様に振動センサを設け、アームやハンドに於いて発生する振動を検出し、その検出情報を周波数分析し、その結果の周波数スペクトラム又はその時間的変化について異常であるか否かを判断し、又は標準のパターンと照合して異常であるか否かを判断することもできる。又音響センサ58、64の検出情報と振動センサの検出情報との相関値を求め、又は周波数分析結果の周波数スペクトラム或いはその時間的変化の相関値を求め、その相関値を基に異常か否かを判断することもできる。又圧力センサ62の検出情報を含めた相関値を求めて異常か否かを判断することもできる。

【0040】又位置センサ55、60と圧力センサ62との検出情報は、制御用インタフェース部75を介して制御用計算機77に加えられ、指令情報に従った位置に移動したか否かを判断し、又指令情報に従った把持力で作業対象物を把持したか否かを判断し、判断結果に対応してアームモータ54又は指モータ59を制御するものである。又テレビカメラ51からの画像情報と、他のセンサの検出情報とは、制御用インタフェース部75を介して画像処理部76に加えられ、画像情報に他のセンサ

の検出情報が合成回路80により重畳されて通信装置79を介して遠隔操作制御部に伝送される。

【0041】又図2に於けるロボット11と制御部20と遠隔操作制御部30とを含め、遠隔操作制御部30に於ける判断処理によってロボット11の危険回避制御を行う構成が第3の制御構成であり、画像表示装置40の表示内容やスペクトラム表示装置42の表示内容及びマスタロボット43の動作を観測したオペレータの判断を含めて、ロボット11の危険回避の制御を行うことになる。

【0042】前述のように、リミットセンサを含む第1の制御構成によってロボット11の衝突等の機械的状態変化の場合の迅速な危険回避が可能となり、又各種のセンサの検出情報の分析や照合比較等による処理判断を行う第2の制御構成によって、ロボット11の異常状態を判断した時に、自律的に危険回避を行うことができるから、伝送遅延等による制御遅れが生じることなく、危険回避が可能となる。又遠隔操作制御部30を含む第3の制御構成は、大規模な判断処理機能を備えた構成とすることができるから、動作予測等により危険状態とならないように先行制御が可能となる。又第1、第2の制御構成が十分に作用しない場合でも、第3の制御構成によって確実にロボット11の危険回避の制御が可能となり、システムの信頼性を向上することができる。

【0043】図4は本発明の実施例のロボット制御系の説明図であり、81は作業対象物等を撮像するテレビカメラ、82はハンドや指の駆動部と各種センサを含むハンド・指駆動・検出部、83はアームの関節の駆動部や各種センサを含むアーム駆動・検出部、84は駆動増幅器、85はサーボ系指令信号発生部、86は制御用計算機、87は合成分離部、88は通信装置、89、90は加算器、91は処理判断部、92はハンド及びアームのリミットセンサ、93はリミットセンサ処理判断部、94は電源スイッチである。

【0044】遠隔操作制御部から伝送されて通信装置88で受信した指令情報は、合成分離部87を介して制御用計算機86に加えられ、制御用計算機86は指令情報に従った移動経路の算出等を行い、主経路情報を出力する。この主経路情報は、ハンド・指駆動・検出部82の位置センサ等の検出情報によって加算器90に於いて補正されてサーボ系指令信号発生部85に加えられ、アームの各関節についての指令信号が出力される。この指令信号は、アーム駆動・検出部83の位置センサ、角度センサ等の検出情報によって加算器89に於いて補正されて、駆動増幅器84に加えられ、駆動増幅器84によりアーム駆動・検出部83のモータ及びハンド・指駆動・検出部82のモータが駆動される。

【0045】ハンド及びアームの何れかが衝突等の危険区域に移動すると、ハンド及びアームの何れかのリミットセンサ92が動作し、電源スイッチ94を制御して、



駆動増幅器84の動作電源を遮断し、ロボットの危険回避を行う。即ち、リミットセンサ判断処理部93を含む第1の制御構成により、直接的に危険回避を行うことになる。

【0046】又テレビカメラ81からの画像情報と、ハンド・指駆動・検出部82の各種センサの検出情報と、アーム駆動・検出部83の各種センサの検出情報とが、処理判断部91に加えられ、温度センサ及び圧力センサの検出情報については許容値を超えたか否かにより異常か否かの判断が行われ、又音響センサや振動センサの検出情報については周波数分析による周波数スペクトラムやその時間的变化により異常か否かの判断が行われる。

【0047】そして、異常と判断した時に迅速な制御が必要な場合は駆動増幅器84に危険回避信号を加え、モータを停止させるか又は逆方向に回転させる。又サーボ系指令信号発生部85に危険回避信号を加えて、モータを停止させるか又は逆方向に回転させる指令信号を出力させる。又制御用計算機86に危険回避信号を加えると同時に、制御用計算機86から合成分離部87、通信装置88を介してオペレータに知らせる適切な指示情報を出力させる。即ち、第2の制御構成によって危険回避を行うものである。

【0048】従って、危険回避の応答優先度は、第1の制御構成が最も高く、次に第2の制御構成に於ける駆動増幅器84による危険回避制御、次にサーボ系指令信号発生部85による危険回避制御、次に制御用計算機86による危険回避制御の順序となり、第3の制御構成による危険回避の応答優先度が最も低くなる。

【0049】図5は本発明の実施例のセンサの検出情報多重化説明図であり、ロボットのアームやハンド等に取付けた圧力センサ等の各種のセンサSN1~SNnの検出情報は、それぞれサンプルホールド回路SH11~SH1m~SHn1~SHnmに於いてサンプリング制御部98からのサンプリングパルスspによってサンプルホールドされ、マルチプレクサ95により、テレビカメラ97からの画像信号と多重化され、AD変換器(A/D)96によりデジタル信号に変換され、図示を省略した通信装置により遠隔操作制御部に伝送される。

【0050】この実施例は、各センサSN1~SNnに対してそれぞれ複数個のサンプルホールド回路SH11~SH1m~SHn1~SHnmを設け、検出情報の送出周期に比較して短い周期で順次サンプルホールドする必要がある場合に相当する。なお、検出情報の送出周期でサンプルホールドすれば良い程度の比較的最高周波数が低い検出情報の場合は、センサ対応の各サンプルホールド回路を省略し、マルチプレクサ95を介してAD変換器96に加えてデジタル信号に変換する構成とすることができる。

【0051】又サンプリング制御部98は、テレビカメラ97の垂直同期信号VS等に同期して、サンプルホー

ルド回路SH11~SH1m~SHn1~SHnmに順次加えるサンプリングパルスspを出力し、又マルチプレクサ95に加える選択制御信号を出力し、又AD変換器96に加えるサンプリングパルスを出力する。

【0052】図6は本発明の実施例の多重化動作の説明図であり、(a)は垂直同期信号VS、(b)は多重化期間信号、(c)、(d)、(e)はマルチプレクサ95に加える選択制御信号、(f)は多重化信号を示す。例えば、センサSN1の検出情報は、順次発生する所定の周期のサンプリングパルスspによりサンプルホールド回路SH11~SH1mに於いて順次サンプルホールドされる。

【0053】そして、垂直同期信号VSに同期し、遅延時間td後の多重化期間tsに於いて、マルチプレクサ95に加えられる(c)、(d)、(e)に示す選択制御信号によってサンプルホールド回路SH11~SH1mのサンプルホールド出力信号は、マルチプレクサ95を介してAD変換器96に加えられ、デジタル信号に変換されて送出される。

【0054】多重化期間ts後の期間tvに於いては、テレビカメラ97の画像信号がマルチプレクサ95を介してAD変換器96に加えられてデジタル信号に変換される。従って、(f)に示すように、多重化期間tsにはセンサの検出情報、次の期間tvには画像情報がそれぞれ配置された状態で伝送される。この多重化期間tsは、垂直帰線期間内に設定するのが一般的であるが、遠隔操作制御部の画像表示装置の再生画像に余り影響を与えない場合が多いから、有効水平期間内に設定することも可能である。又多重化期間ts内に複数のセンサの検出情報を順次多重化することも、又比較的高速な音響信号等は、水平同期信号毎の水平走査帰線期間内に設定して伝送することも可能である。

【0055】又テレビカメラ97の1画面を、256×256の画素構成とし、1画素を4ビットでデジタル化し、5Mbpsの伝送速度で伝送する場合、約19枚/秒の枚数の画面を伝送することができる。更に帯域圧縮処理を施せば、数倍の枚数の画面を伝送することも可能である。又センサの検出情報をデジタル化した時に、4ビット単位で処理することにより、画像信号の画素対応の処理で伝送することができるから、更に多数のセンサの検出情報を容易に遠隔操作制御部に伝送することができる。

【0056】図7は本発明の実施例のスペクトラムによる異常判断説明図であり、横軸を周波数、縦軸を強度として示し、点線Bの周波数スペクトラムの強度を警報レベル、太線Cの周波数スペクトラムの強度を停止レベルとした場合を示す。例えば、図3の周波数分析部72に於いて音響センサ58、64、圧力センサ62、位置センサ55、60の検出情報の周波数分析を行い、その分析結果の周波数スペクトラムが太線Aに示すものであ

り、又標準パターン格納部74に格納された標準パターンを点線B及び太線Cの周波数スペクトラムであるとする、照合判断部73に於いては、正常であると判断することになる。

【0057】そして、検出情報の周波数スペクトラムの強度が点線Bの周波数スペクトラムの強度を超えると、照合判断部73は制御用インタフェース部75を介して制御用計算機77に警報信号を送出し、又その警報信号は画像処理部76に於いてテレビカメラ51の画像信号に重畳されて遠隔操作制御部に、通信装置79から伝送される。又太線Cの周波数スペクトラムの強度を超えると、照合判断部73は直接或いは周波数分析部72を介してスイッチ回路67、70を制御して、アームモータ54又は指モータ59の電源を遮断して危険回避を行うことになる。

【0058】前述の点線B及び太線Cの標準の周波数スペクトラムは、ロボットの作業種別によって異なるパターンとなる場合が多いから、ロボットの作業種別対応に予め標準の周波数スペクトラムを作成して、標準パターン格納部74に格納し、遠隔操作制御部からの指令情報から作業種別を識別し、その作業種別に対応した標準の周波数スペクトラムを読出して、照合判断部73に於いて異常か否かを判断することができる。

【0059】又遠隔操作制御部に於いても、制御部を介して受信した各種センサの検出情報の周波数分析を行い、異常か否かを判断するものであり、図2の警報回路35に於いてこのような処理を行うことができる。その周波数分析結果又は照合判断結果をスペクトラム表示装置42に表示するか或いは図7に示すような周波数スペクトラムを表示することができる。

【0060】本発明は、前述の実施例にのみ限定されるものではなく、種々付加変更することができるものであり、例えば、リミットセンサとして、ロボットの動作範囲を規定する位置に張り巡らした切断用電線を用いて、第1の制御構成を実現することも可能である。又マスタスレーブ方式以外のロボットの制御方式にも本発明を適用することができるものである。

【0061】

【発明の効果】以上説明したように、本発明は、ロボット5の機械的状態変化が危険状態を示す時のリミットセンサ等のセンサ4の検出情報により、関節モータ等の駆動部3を直接的に制御する第1の制御構成によって危険回避を迅速に行い、又温度センサや音響センサ等の検出情報を処理して、ロボット5が危険状態か否かを判断し、危険状態と判断した時に駆動部3を制御する第2の制御構成によって危険回避を行い、又テレビカメラを含む各種のセンサ4の検出情報を制御部6を介して遠隔操作制御部7に伝送し、この遠隔操作制御部7に於いて判断処理した結果により制御する第3の制御構成によって、ロボット5の危険回避を行うものであり、危険回避

の為に応答優先度をロボット5に近い制御機能程高くすることができるから、伝送遅延等による影響を受けることなく、迅速な危険回避が可能となり、且つ最終的には第3の制御構成に於いて、未来予測型シミュレーションやオペレータの判断を加味することができるから、信頼性の高いシステムを構築することができる利点がある。

【0062】又第2又は第3の制御構成に於いて、センサ4の検出情報の周波数分析の結果を基に異常か否かを判断することができ、完全に危険な状態と、その前の警報状態との判別も可能となるから、適切な危険回避の制御が可能となる。又作業種別に対応した標準の周波数スペクトラムやその時系列と検出情報の周波数スペクトラムもその時系列とを照合判断する場合は、各種の異なる作業を行うロボット5に対して常に最適な監視を行うことが可能となる。

【0063】又人工衛星上等の地上から離れた位置のロボットに対しても高い安全性を得て容易に制御が可能となり、その場合の遠隔操作制御部7に於いては画像情報を表示することにより、ロボット5の動作状態を監視できるものであるが、その画像信号に多数の各種センサ4の検出情報を重畳して伝送することにより、複数チャンネルを用いることなく、容易に制御部6と遠隔操作制御部7との間で通信を行うことができる。

【0064】各種のセンサ4の検出情報を遠隔操作制御部7に伝送することが可能となるから、ロボット5のハンドの把持力等の圧力センサの検出情報を受信した遠隔操作制御部7に於いて、操作レバーの反発力に変換して与えることにより、オペレータは把持力等を実際に感じ取ることができる。

30 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の原理説明図である。

【図2】本発明の実施例の説明図である。

【図3】本発明の実施例の危険回避構成の要部説明図である。

【図4】本発明の実施例のロボット制御系の説明図である。

【図5】本発明の実施例のセンサの検出情報多重化説明図である。

【図6】本発明の実施例の多重化動作の説明図である。

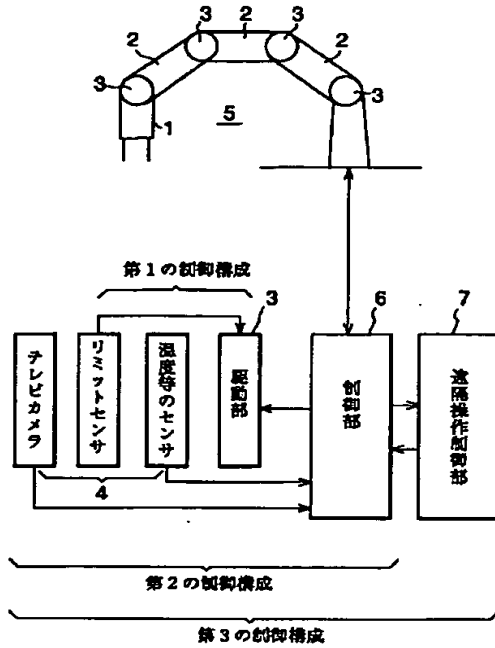
40 【図7】本発明の実施例のスペクトラムによる異常判断説明図である。

【符号の説明】

- 1 ハンド
- 2 アーム
- 3 駆動部
- 4 センサ
- 5 ロボット
- 6 制御部
- 7 遠隔操作制御部

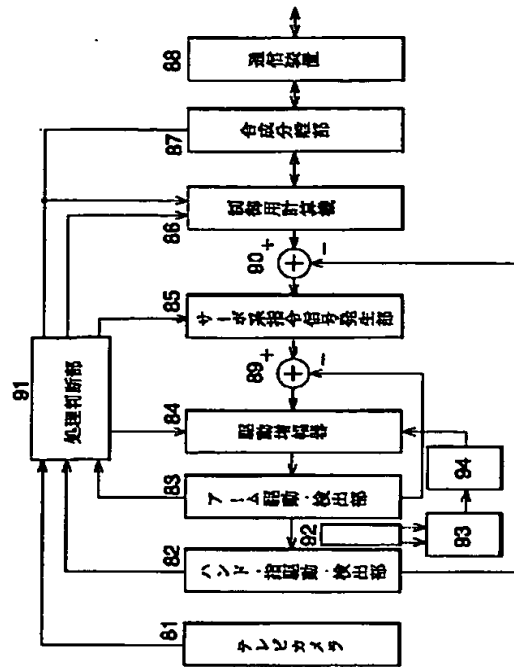
【図1】

本発明の原理説明図



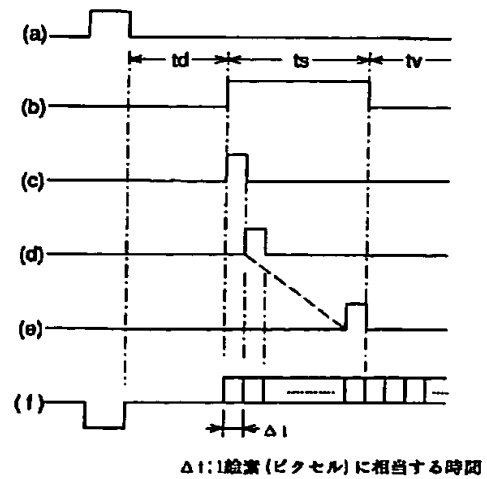
【図4】

本発明の実施例のロボット制御系の説明図



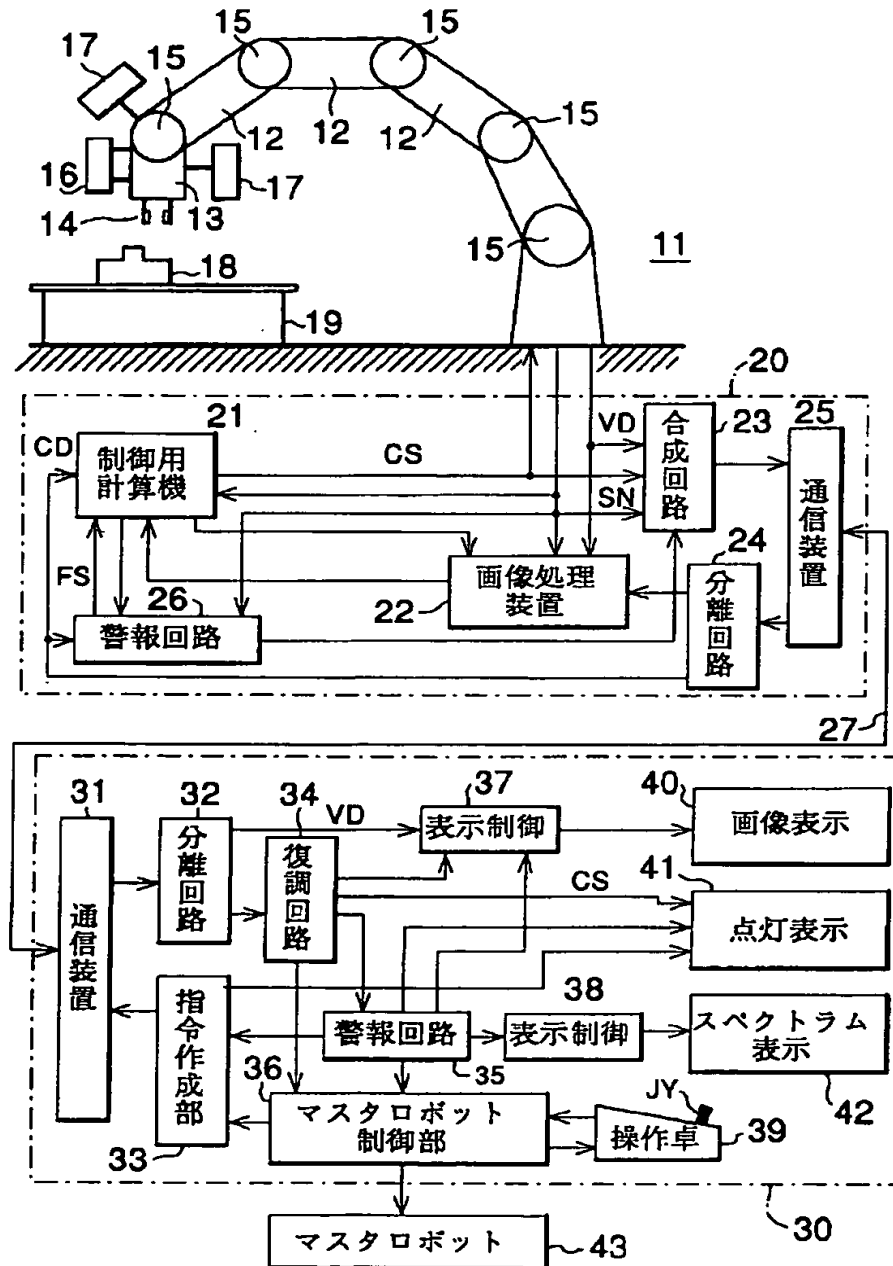
【図6】

本発明の実施例の多重化動作の説明図



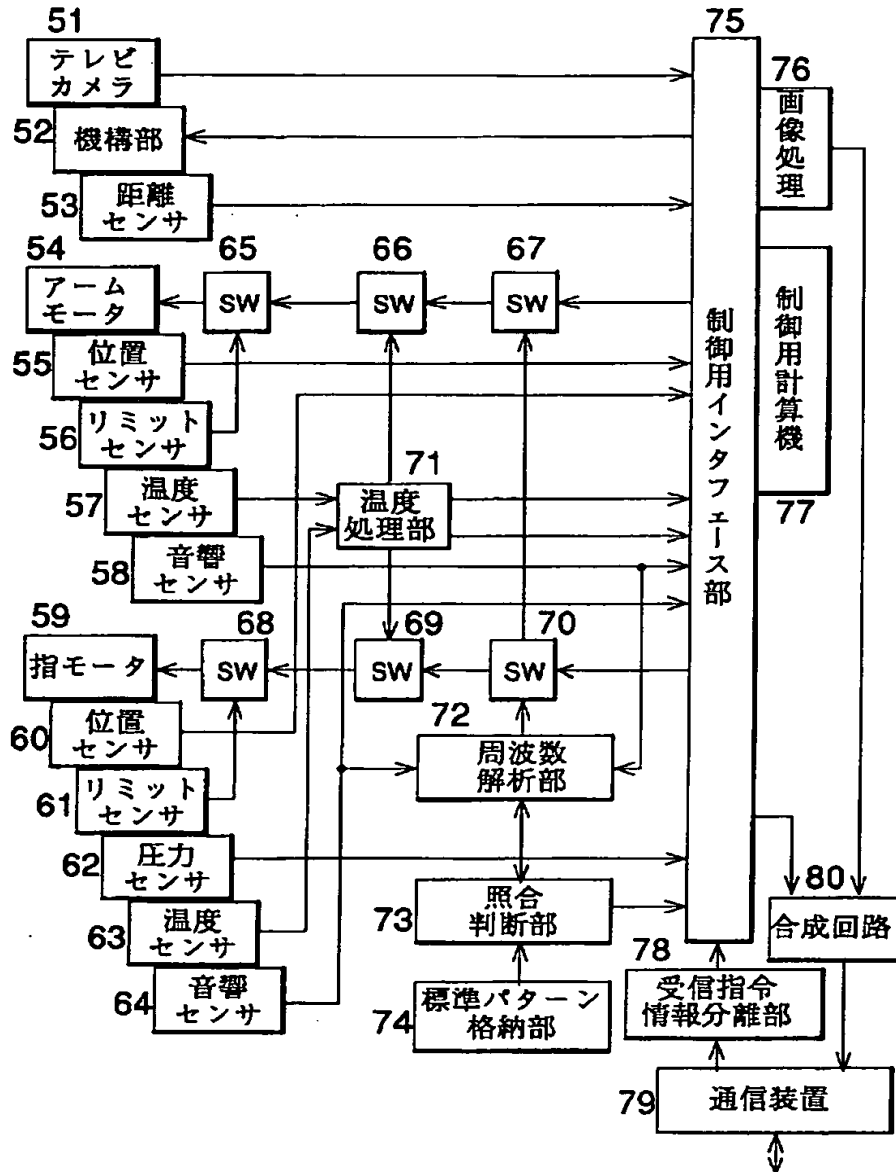
【図2】

## 本発明の実施例の説明図



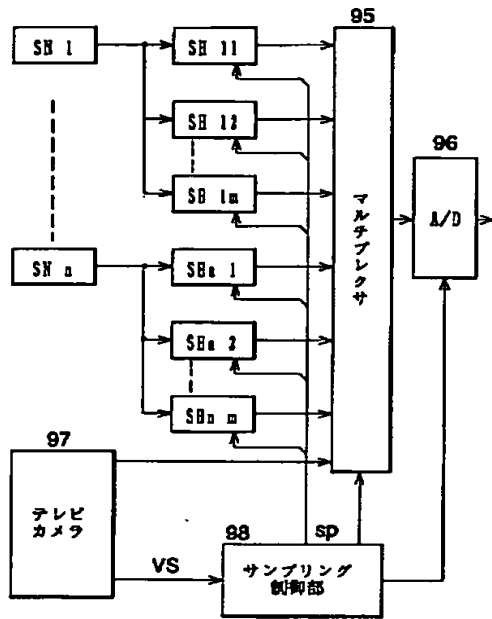
【図3】

## 本発明の実施例の危険回避構成の要部説明図



【図5】

本発明の実施例のセンサの検出情報多重化説明図



【図7】

本発明の実施例のスペクトラムによる異常判断説明図

